

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-334272

(43) 公開日 平成10年(1998)12月18日

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	
G 0 6 T	17/00	G 0 6 F	15/62 3 5 0 A
G 0 9 C	5/00	G 0 9 C	5/00
H 0 4 N	1/387	H 0 4 N	1/387
	7/08	G 0 6 F	12/14 3 1 0 Z
	7/081	H 0 4 N	7/08 Z
審査請求 未請求 請求項の数26 O L (全 21 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願平9-137305

(22) 出願日 平成9年(1997)5月27日

(71) 出願人 592073101

日本アイ・ピー・エム株式会社

東京都港区六本木3丁目2番12号

(72) 発明者 増田 宏

神奈川県大和市下鶴間1623番地14 日本ア

イ・ピー・エム株式会社東京基礎研究所内

(72) 発明者 大淵 竜太郎

神奈川県大和市下鶴間1623番地14 日本ア

イ・ピー・エム株式会社東京基礎研究所内

(72) 発明者 青野 雅樹

神奈川県大和市下鶴間1623番地14 日本ア

イ・ピー・エム株式会社東京基礎研究所内

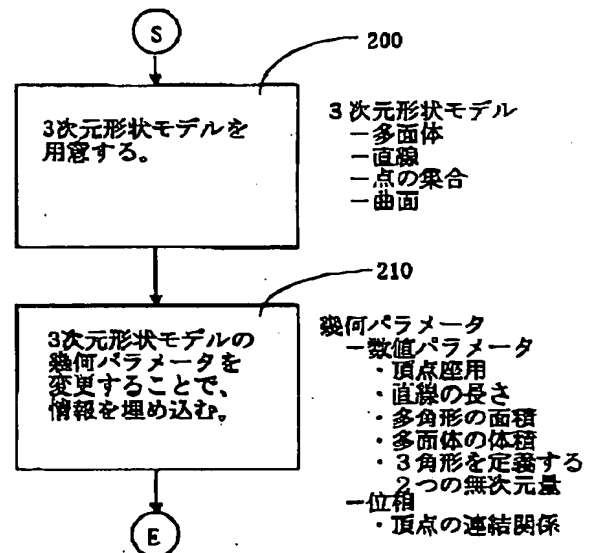
(74) 代理人 弁理士 坂口 博 (外1名)

(54) 【発明の名称】 3次元形状モデルへの情報の埋め込み方法及びシステム

(57) 【要約】

【課題】 3次元形状モデルに種々の情報を埋め込むこと、及び埋め込まれた情報を抽出すること。

【解決手段】 本発明では上記課題を解決するために、3次元形状モデルの幾何パラメータを変更することにより、種々の情報を前記3次元形状モデルへ、可視または不可視の状態で埋め込む方法を採用。ここで幾何パラメータとは幾何形状を定義するための記述に相当する。3次元形状モデルは通常そのプリミティブ（構成要素）である、多面体、直線、点の集合、または曲面から構成される。また各プリミティブは幾何パラメータにより定義される。従って3次元形状モデルは多くの幾何パラメータの集合により、その全体の幾何形状が定義される。本発明では、3次元形状モデルを構成している複数のプリミティブの幾何パラメータを変更することにより、情報を埋め込む。また本願では幾何パラメータを数値パラメータ及び位相に分けて、各々を変更して情報を埋め込む方法を提供する。逆に、抽出は上記変更された幾何パラメータを検出することにより、埋め込まれた情報を取り出す。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】3次元形状モデルへ情報を埋め込むシステムであって、(1)3次元形状モデルを用意する手段と、(2)前記3次元形状モデルの幾何パラメータを変更することにより、前記情報を前記3次元形状モデルへ埋め込む手段と、

を具備することを特徴とする、3次元形状モデルへの情報埋め込みシステム。

【請求項2】前記3次元形状モデルが複数のプリミティブから構成され、前記情報を埋め込む手段が、(3)プリミティブを順序付けるための開始プリミティブを探索する手段と、(4)前記プリミティブの集合に順序を付ける手段と、(5)前記順序に従いプリミティブを選択し、該プリミティブの幾何パラメータを、前記情報に対応して、変更する手段と、

を具備することを特徴とする、請求項1のシステム。

【請求項3】前記プリミティブが、多面体、直線、点の集合、または曲面である、請求項2記載のシステム。

【請求項4】前記情報が、特定の言語に対応したシンボルであるか、前記情報を表すパターンであるか、または前記シンボル及び前記パターンの組み合わせである、請求項3記載のシステム。

【請求項5】前記幾何パラメータが数値パラメータである、請求項4記載のシステム。

【請求項6】前記数値パラメータが、頂点座標値、直線の長さ、多角形の面積、多面体の体積、または3角形を定義する2つの無次元量である、請求項5記載のシステム。

【請求項7】前記数値パラメータが、頂点座標値、直線の長さ、多角形の面積、多面体の体積、または3角形を定義する2つの無次元量、の各々の間での比である、請求項5記載のシステム。

【請求項8】前記幾何パラメータが位相である、請求項4記載のシステム。

【請求項9】前記位相が頂点の連結関係を定める位相である、請求項8記載のシステム。

【請求項10】前記幾何パラメータが、数値パラメータ及び位相の組み合わせである、請求項4記載のシステム。

【請求項11】3次元形状モデルへ情報を埋め込む方法であって、(1)3次元形状モデルを用意するステップと、(2)前記3次元形状モデルの幾何パラメータを変更することにより、前記情報を前記3次元形状モデルへ埋め込むステップと、

を有することを特徴とする、3次元形状モデルへの情報埋め込み方法。

【請求項12】前記3次元形状モデルが複数のプリミティブから構成され、前記情報を埋め込むステップが、

(3)プリミティブを順序付けるための開始プリミティブを探索するステップと、(4)前記プリミティブの集

合に順序を付けるステップと、(5)前記順序に従いプリミティブを選択し、該プリミティブの幾何パラメータを、前記情報に対応して、変更するステップと、を有することを特徴とする、請求項11記載の方法。

【請求項13】前記プリミティブが、多面体、直線、点の集合、または曲面である、請求項12記載の方法。

【請求項14】前記情報が、特定の言語に対応したシンボルであるか、前記情報を表すパターンであるか、または前記シンボル及び前記パターンの組み合わせである、請求項13記載の方法。

【請求項15】前記幾何パラメータが数値パラメータである、請求項14記載の方法。

【請求項16】前記数値パラメータが、頂点座標値、直線の長さ、多角形の面積、多面体の体積、または3角形を定義する2つの無次元量である、請求項15記載の方法。

【請求項17】前記数値パラメータが、頂点座標値、直線の長さ、多角形の面積、多面体の体積、または3角形を定義する2つの無次元量、の各々の間での比である、請求項15記載の方法。

【請求項18】前記幾何パラメータが位相である、請求項14記載の方法。

【請求項19】前記位相が、頂点の連結関係を定める位相である、請求項18記載の方法。

【請求項20】前記幾何パラメータが、数値パラメータ及び位相の組み合わせである、請求項14記載の方法。

【請求項21】3次元形状モデルへ埋め込まれた情報を抽出するシステムであって、(1)前記情報が埋め込まれた3次元形状モデルを用意する手段と、(2)前記3次元形状モデルの幾何パラメータを検出することにより、前記情報を前記3次元形状モデルから抽出する手段と、

を具備することを特徴とする、3次元形状モデルへ埋め込まれた情報を抽出するシステム。

【請求項22】前記3次元形状モデルが複数のプリミティブから構成され、前記情報を抽出する手段が、(3)プリミティブを順序付けるための開始プリミティブを探索する手段と、(4)前記プリミティブの集合に順序を付ける手段と、(5)前記順序に従いプリミティブを選択し、該プリミティブの幾何パラメータから、前記情報を抽出する手段と、

を具備することを特徴とする、請求項21記載のシステム。

【請求項23】3次元形状モデルへ埋め込まれた情報を抽出する方法であって、(1)前記情報が埋め込まれた3次元形状モデルを用意するステップと、(2)前記3次元形状モデルの幾何パラメータを検出することにより、前記情報を前記3次元形状モデルから抽出するステップと、

を有することを特徴とする、3次元形状モデルへ埋め込

まれた情報を抽出する方法。

【請求項24】前記3次元形状モデルが複数のプリミティブから構成され、前記情報を抽出するステップが、

(3)プリミティブを順序付けるための開始プリミティブを探索するステップと、(4)前記プリミティブの集合に順序を付けるステップと、(5)前記順序に従いプリミティブを選択し、該プリミティブの幾何パラメータから、前記情報を抽出するステップと、

を有することを特徴とする、請求項23記載の方法。

【請求項25】コンピュータに3次元形状モデルへの情報埋め込みをさせるためのプログラムを含む媒体であって、該プログラムが、(1)3次元形状モデルを用意する機能と、(2)前記3次元形状モデルの幾何パラメータを変更することにより、前記情報を前記3次元形状モデルへ埋め込む機能と、

を有することを特徴とする、プログラムを含む媒体。

【請求項26】コンピュータに3次元形状モデルへ埋め込まれた情報を抽出させるためのプログラムを含む媒体であって、該プログラムが、(1)前記情報が埋め込まれた3次元形状モデルを用意する機能と、(2)前記3次元形状モデルの幾何パラメータを検出することにより、前記情報を前記3次元形状モデルから抽出する機能と、

を有することを特徴とする、プログラムを含む媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本願は3次元形状モデルへ情報を埋め込む、データ・ハイディング方法に関し、特に、多面体で構成される3次元形状データの中に所有権やその他の情報(例えば、作成日時、作成者、バージョンなど)を埋め込む方法、システム、及びプログラムを含む媒体に関する発明である。

【0002】

【従来の技術】インターネット上での電子図書館のように、画像や音声をデジタル的に提供する例が増えているが、これらの情報は複製が容易なため、これらに対して所有権情報や課金情報を埋め込む要求が生じ、その方式の研究が活発化している。これらの情報の埋め込み操作は情報埋め込み(information embedding)、情報隠蔽(information hiding)、透かし付け(watermarking)等と呼ばれている。

【0003】3角形メッシュモデルは、インターネット上で3Dデータをやりとりする際にもっとも多く用いられている3次元形状の表現手段である。最近では、各社のブラウザで3Dデータが表示できるようになってきており、今後、こうした3Dデータの利用が急速に増えてくると考えられている。それにともない、こうした3Dデータの配布の際に、3Dデータに対してどのようにして所有権情報やその他の付帯情報(例えば、作成日時、作成者、バージョン等)を添付するかが問題になってい

る。

【0004】3Dデータの作成には、写真や絵画の場合と同様、しばしば多くの時間と美的センスを必要とし、費用もかかり、それ自体、ビジネスとして成立している。このようなデータでは、従来、3Dデータのファイル中に、

【0005】Copyright (c) by IBM Japan, Ltd. 1996  
IBM Japan, Ltd. has been authorized to freely distribute

these Datasets. They are provided for unlimited use

in existing or modified form. The actual Dataset (ie, geometry)

may not, however, be resold in existing or modified form.

【0006】のような著作権情報をテキストコメントとして埋め込んでいる。しかし、このような著作権表示方法は第3者による悪意な改竄に対して無防備である。以下のようにすると著作権情報が消えたり、無効になるためである。

【0007】まず、ファイルにテキストとして書かれた情報は容易にテキスト編集によって消すことが出来る。たとえテキストコメントをPGPやDES法で暗号化しても、その内容は読まれないものの、暗号化した情報自体を取り除くのは暗号化しない場合と同様に容易であり、著作権表示を安全に保護することはできない。

【0008】また、一般に、ファイルフォーマット変換を行なうとソース・データ中の著作権情報は保存されない。例えば、ある3Dのソース・データからオブジェクト形式へのフォーマット変換プログラムを前出のコメントを含んだ3次元形状モデルに使うと、変換後には著作権を主張するコメントが無くなり、代わりに

# Fri Jul 14 12:44:19 1997

#

# Object converted by XXX-to-obj

#

【0009】のような文字列が残るだけである。

【0010】3次元形状モデルに対する操作には、ファイル・フォーマット変換のような外部表現に対する操作のほかに、重要な操作として、モデルの自体に対する移動、回転、スケーリングなどの座標変換、あるいはモデルの一部の切り取りや局所変形等のモデルの編集操作が考えられる。これらの編集操作は、あるモデルを実際に使用する上で必要なことが多い。現在、実際に、有償3次元形状モデルや、有償ではないものの著作権表示を有する3次元形状モデルの盗用が問題になるケースも始まっている。このような盗用に対して、モデル自体に所有者や作成者の署名等の所有権情報を入れる有効な方法はいまのところ存在しない。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明が解決しようとする課題は、点、線、多面体の集合で表現される3次元形状モデルに、安全に、可視不可視に限らず、該モデル自体の変更により、種々の情報を埋め込みこと、及び該情報を抽出することである。ここで種々の情報埋め込みの使用目的として、

- ・作成者の認証
- ・所有者の確認
- ・受け取り者の確認
- ・無償受け取りの阻止
- ・作成日時管理
- ・在庫管理
- ・無許可コピーの阻止
- ・無許可コピーの牽制
- ・秘密情報の記録

等があげられる。さらに、上記3次元形状モデルへ埋め込まれた情報を、精度よく抽出することである。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】本発明では上記課題を解決するために、3次元形状モデルの幾何パラメータを変更することにより、種々の情報を前記3次元形状モデルへ、可視または不可視の状態で埋め込む方法を採用。ここで幾何パラメータとは幾何形状を定義するための記述に相当する。3次元形状モデルは通常そのプリミティブ（構成要素）である、多面体、直線、点の集合、または曲面から構成される。また各プリミティブは幾何パラメータにより定義される。従って3次元形状モデルは多くの幾何パラメータの集合により、その全体の幾何形状が定義される。本発明では、3次元形状モデルを構成している複数のプリミティブの幾何パラメータを変更することにより、情報を埋め込む。また本願では幾何パラメータを数値パラメータ及び位相に分けて、各々を変更して情報を埋め込む方法を提供する。ここで数値パラメータとは、頂点座標値、直線の長さ、多角形の面積、多面体の体積、または3角形を定義する2つの無次元量等であり、これらの値を変更することにより、情報を埋め込む。数値パラメータとして、これら頂点座標値、直線の長さ、多角形の面積、多面体の体積、または3角形を定義する2つの無次元量等の各々の間の比を採用しても良い。これらを変更することで、情報を埋め込む。逆に、抽出は上記変更された幾何パラメータを抽出することにより、埋め込まれた情報を取り出す。また位相（トポロジ）として、例えば頂点の連結関係等を定める位相を変更することで情報を埋め込む。ここで重要なことは、上記数値パラメータの変更と位相の変更とは互いに独立であるので、それらの組み合わせにより情報を埋め込むことができる点である。本願明細書中において、多面体モデル及び曲面モデルとは以下のサーフェスモデルを指す。

- ・多面体モデル：多面体、直線、及び点の集合から成る

モデル。（頂点が連結性を持つばあい、持たない場合の双方を含める。）

・曲面モデル：多面体、直線、及び点の集合に加え、曲面も含めたモデル。

#### 【0013】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。図13を参照すると、本発明において使用されるシステムのハードウェア構成の一実施例を示す概観図が示されている。システム100は、中央処理装置（CPU）1とメモリ4とを含んでいる。CPU1とメモリ4は、バス2を介して、補助記憶装置としてのハードディスク装置13とを接続してある。フロッピーディスク装置（またはMO、CD-ROM等の記憶媒体駆動装置）20はフロッピーディスクコントローラ19を介してバス2へ接続されている。

【0014】フロッピーディスク装置（またはMO、CD-ROM等の記憶媒体駆動装置）20には、フロッピーディスク（またはMO、CD-ROM等の記憶媒体）が挿入され、このフロッピーディスク等やハードディスク装置13、ROM14には、オペレーティングシステムと協働してCPU等に命令を与え、本発明を実施するためのコンピュータ・プログラムのコードを記録することができ、メモリ4にロードされることによって実行される。このコンピュータ・プログラムのコードは圧縮し、または、複数に分割して、複数の媒体に記録することもできる。

【0015】システム100は更に、ユーザ・インターフェース・ハードウェアを備え、入力をするためのポインティング・デバイス（マウス、ジョイスティック等）7またはキーボード6や、視覚データをユーザに提示するためのディスプレイ12を有することができる。また、パラレルポート16を介してプリンタを接続することや、シリアルポート15を介してモデムを接続することが可能である。このシステム100は、シリアルポート15およびモデムまたは通信アダプタ18（イーサネットやトークンリング・カード）等を介してネットワークに接続し、他のコンピュータ等と通信を行うことが可能である。

【0016】スピーカ23は、オーディオ・コントローラ21によってD/A（デジタル/アナログ変換）変換された音声信号を、アンプ22を介して受領し、音声として出力する。また、オーディオ・コントローラ21は、マイクロフォン24から受領した音声情報をA/D（アナログ/デジタル）変換し、システム外部の音声情報をシステムにとり込むことを可能にしている。

【0017】このように、本発明のシステムは、通常のパーソナルコンピュータ（PC）やワークステーション、ノートブックPC、パームトップPC、ネットワークコンピュータ、コンピュータを内蔵したテレビ等の各種家電製品、通信機能を有するゲーム機、電話、FA

X、携帯電話、PHS、電子手帳、等を含む通信機能有する通信端末、または、これらの組合せによって実施可能であることを容易に理解できるであろう。ただし、これらの構成要素は例示であり、その全ての構成要素が本発明の必須の構成要素となるわけではない。

【0018】HDD13、HDD30、MO28、CD-ROM26内等の外部記憶装置、又はメインメモリ4内に記憶された3次元形状モデルは、VRAM9内に展開され、ディスプレイ12に表示される。メインメモリ4内に記憶された画像アプリケーションは、メインCPU1により実行される。この画像アプリケーションによりディスプレイ12に表示された3次元形状モデルをキーボード6又はポインティング・デバイスであるマウス7等で編集できる。

【0019】埋め込む情報は外部記憶装置からメインメモリ4内にロードするか、通信用アダプタカード18を経由してメインメモリ4内に取込んでもよいし、ユーザがキーボード6又はポインティング・デバイスを使用して直接入力してもよい。該情報に対応して、メインメモリ4内の3次元形状モデルの幾何パラメータを変更することにより、該情報を埋め込む。ここで注意すべきは、3次元形状モデルの幾何パラメータを変更することが、情報を埋め込むことと同値であるということである。つまり本願発明は文字情報などを3次元形状モデルの上に描いたり、張り付けたりするテクスチャマッピング等の技術とは異なり、3次元形状モデルを形成するための幾何パラメータそのものを変更することで、所望の情報を埋め込む技術である。

【0020】従って、オリジナルの3次元形状モデルと、情報の埋め込まれた3次元形状モデルとの幾何パラメータの違いが、埋め込まれた情報を表す。逆に、抽出は変更された幾何パラメータを検出することにより、埋め込まれた情報を取り出す。

【0021】本発明の実施の形態では、種々の異なる特徴を持つ複数の手法を、A. 埋め込み手法と、それを用いた、B. 実施例、C. 埋込み抽出の全体的フローに分け、以下の目次に従って詳細に記載する。しかしながら、この3次元形状モデルの幾何パラメータの変更がそのまま、多様な情報の埋込みと等価である事に留意されたい。

#### 【0022】A. 埋め込み手法

- A. 1 構成
- A. 2 情報埋め込みの2つの手法
- A. 2 シンボル列埋め込みの手法
- A. 2. 1 シンボル埋め込み手法
- A. 2. 1. 1 座標値変更によるシンボル埋め込み法
- A. 2. 1. 2 位相変更によるシンボル埋め込み法
- A. 2. 2 プリミティブ間の順序付け
- A. 2. 2. 1 順序の導入法
- A. 2. 2. 2 順序の局所性

#### A. 2. 3 堅ろう性向上の手法

- A. 2. 3. 1 大域的変換に対する堅ろう性向上
- A. 2. 3. 2 ランダムな攪乱に対する堅ろう性向上
- A. 2. 3. 3 切り取りや局所変形に対する堅ろう性向上

#### A. 2. 3. 4 情報解読に対する堅ろう性向上

#### A. 3 パターン埋め込みの手法

##### A. 3. 1 位相と座標値を変える手法

#### B. 実施例

##### B. 1 外部表現への埋め込み

###### B. 1. 1 シンボル列埋め込み

###### B. 1. 1 ファイル内の3角形頂点順序への埋め込み法

##### B. 2 内部表現への埋め込み

###### B. 2. 1 シンボル列埋め込み

###### B. 2. 1. 1 3角形の無次元量への埋め込み法

###### B. 2. 1. 2 3角形の頂点座標への埋め込み

###### B. 2. 1. 3 4面体の体積比への埋め込み

###### B. 2. 1. 4 頂点の集合への埋め込み

###### B. 2. 2 パターン埋め込み

###### B. 2. 2. 1 メッシュのデラウネイ性合否への埋め込み

###### B. 2. 2. 2 メッシュ分割細度への埋め込み

#### C. 埋込みと抽出の全体的フロー

##### C. 1 埋込みのフロー

##### C. 2 抽出のフロー

#### 【0023】A. 埋め込み手法

##### A. 1 構成

本発明は、点、線、又は3角形と、それらが連結性をもってつながった要素の集合から成る3次元形状モデルに何らかの情報を埋め込むことを目的とする。これを達成するために、3次元形状モデルの幾何パラメータである、数値パラメータまたは位相を変更することにより、前記情報を前記3次元形状モデルへ、可視または不可視の状態では埋め込む方法を探る。数値パラメータとは主に座標値を指し、3次元形状モデルの構成要素が有する座標値を変更することにより、情報を埋め込む。また位相とは、例えば頂点の数やその連結関係等を指し、これを変更することで情報を埋め込む。逆に3次元形状モデルへ埋め込まれた情報を抽出する場合は、情報が埋め込まれた3次元形状モデルを用意し、前記3次元形状モデルの変更された幾何パラメータ（数値パラメータまたは位相）を検出することにより、前記情報を前記3次元形状モデルから抽出する。

【0024】図1に本発明の3次元多面体モデルに対する情報埋め込み(embedding)操作と情報抽出(disembedding)操作を概念的に図示する。図1(a)は入力が多面体モデルGの場合の情報埋め込み操作を表し、図1

(b)は入力が曲面モデルCの場合の情報埋め込み操作を表し、図1(c)は情報が埋め込まれた3次元多面体モ

デル ( $G'$ 、 $C_g'$ ) から情報を抽出する操作を表している。図1(a)、(b)に示すように入力としては多面体モデル $G$  (頂点が連結性を持つばあい、持たない場合の双方を含める。) 及び曲面モデル $C$ の両方を受け入れる。何れの場合も埋め込む対象は3次元多面体モデルである。

【0025】入力が曲面モデル $C$ の場合には、情報埋め込み処理と同時に多角形 (例えば3角形) メッシュ分割 (図1(b)参照) を行うので、一般に、埋め込み手法の自由度が高くなる。多面体モデル $G$ の場合、情報埋め込み10に用いる手法により、入力と出力の間で頂点の数が変わる場合と変わらない場合がある。

【0026】図14及び図15に情報埋め込みと情報抽出の概要を示す。図14の、ステップ200において3次元形状モデルを準備する。3次元形状モデルは、多面体 $G$ 、直線 $L$ 、点の集合 $P$ 、又は曲面 $C$ から構成される。次にステップ210で前記3次元形状モデルの幾何パラメータを変更する。幾何パラメータには、数値パラメータと位相とがあり、数値パラメータとは、頂点座標値、直線の長さ、多角形の面積、多面体の体積、または3角形を定義する2つの無次元量等に具体化される。位相は、頂点の連結関係を定める位相等に具体化される。これら3次元幾何パラメータである、数値パラメータまたは位相を変更することにより、情報 $I$ を埋め込む。情報抽出は、まず図15のステップ300において情報 $I$ が埋め込まれた3次元形状モデルを準備する。ステップ310でオリジナルの3次元形状モデルの幾何パラメータから変更された、幾何パラメータを検出する。該ステップ310にて前記3次元形状モデルの変更された幾何パラメータ (数値パラメータまたは位相) を検出することにより、前記情報 $I$ を前記3次元形状モデルから抽出する。なお、上記ステップ210、ステップ310のさらに詳細な説明については以降の記載を参照されたい。

【0027】A. 2 情報埋め込みの2つの手法  
本願明細書では、情報の埋め込み手法を(1)シンボル列埋め込み、(2)パターン埋め込みの2つに分類する。シンボル列埋め込みによる情報の3角形多面体モデルへの埋め込みは、情報を表現する言語 $L$ の埋め込みである。ここで、 $L$ はアルファベット $A$ から文法 $G$ で生成される。アルファベットを構成するのは少なくとも二つ以上の独立なシンボルの有限集合、例えば2進数の場合 $A=\{0, 1\}$ 、である。 $L$ の要素は順序を持つシンボルの列なので、 $L$ を表現するには、

1. アルファベットの全てのシンボルを何らかの形で表現・埋め込みできること、

2. 一つ以上のシンボル間の順序を表現できること。

が必要である。この二つをどう実現するかで情報埋め込み法が規定される。シンボルとその順序は、モデルに存在する冗長性に埋め込む。ここで、冗長性とは、「使用目的に対して影響を与えない範囲で任意性を持つ何らか

の量」である。パターン埋め込みによる情報の多面体モデルへの埋め込みは、情報を表現する何らかのパターンをシンボル列にエンコードせずに埋め込む。あたかも形状モデルにあるパターン (例えば家紋) のスタンプを押すかのような操作である。埋め込まれるパターンは“IBM”の様な文字列であってもよいが、この場合の文字間の順序は暗に存在し、埋め込み処理としてはあくまでも一つのパターンとして埋め込む。

【0028】シンボル埋め込みは一般に不可視な埋め込み法である事が多い。これに反してパターン埋め込みはそれ自体が比較的容易に可視化できる (例えばワイヤフレーム表示で見る) 特徴がある。

【0029】A. 2 シンボル列埋め込みの手法

A. 2. 1 シンボル埋め込み手法

シンボルとは、情報を表現する一塊で、例えばアルファベットの1文字、または2進の1bit等が考えられる。

本願では、シンボルを埋め込む方法として次の2つに分類される手法を提案する。

【0030】・座標値変更による埋め込み法：多面体モデルの頂点座標を変更する。情報は、頂点座標そのものの、直線の長さ、多角形の面積、多面体の体積や、それぞれの比や複比、あるいは3角形を定義する2つの無次元量等を変えて埋め込む。

・位相変更による埋め込み法：頂点の連結関係を定める位相を変えることにより、情報を埋め込む。多角形メッシュを生成し (曲面を基にする場合)、又は切り直し (多面体モデルを基にする場合)、頂点の数と座標及び位相を変更して情報を生め込む場合も含む。

【0031】A. 2. 1. 1 座標値変更によるシンボル埋め込み法

3次元形状モデルの数値パラメータである、座標値だけを変えることにより発生する種々の量の変化の中に埋め込む。頂点の数やその連結関係は変更しない。埋め込みの対象となり、かつ座標を変更することで影響をうける、数値パラメータの基本量はいくつかある。本願で使用する基本量を以下に列挙する。

・基本量

- 点の座標値。
- 直線の長さ。
- 多角形の面積。
- 多面体の体積。

また、基本量を組み合わせて作られる量として、以下を使用する。

・以下の変換すべてで変わる量

- 点の座標
- ・平行移動と回転に不変な量
- 直線の長さ
- 多角形の面積
- 多面体の体積
- Delaunay条件の可否

- ・平行移動、回転、および一様スケーリングに不変な量
- ー 相似な3角形を定める2つの無次元量(例:底辺の2角)
- ー 2つの多角形の面積の比
- ・アファイン変換に不変
- ー 同一直線状の長さの比
- ー 平行な2つの平面上の多角形の面積の比
- ー 4面体の体積の比
- ・射影変換不変量
- ー 直線上の4点の複比(cross-ratio)

ここで、相似変換とは、回転、平行移動、スケーリングの各変換の組み合わせを言う。基本量は相似変換、アファイン変換、射影変換の全てによって変化する。アファイン変換は相似変換を含み、射影変換はアファイン変換を含む。従って、上記の4つの大項目の変換のうち下にあるほどより一般な変換である。デラウネイ(Delaunay)条件の可否とは、メッシュの各3角形がデラウネイ条件を満たすか否かを2つのアルファベットに対応させる方法である。

【0032】・変換不変性と埋め込みの堅ろう性:ある種の変換に対して不変な量を使って埋め込みめば、その種の変換による攪乱に対して堅牢になる。ある種の変換に対する堅ろう性を高めるには、もう一つ、加えられた変換 $T$ を正しく推定して頂点座標値に逆変換 $T^{-1}$ をかけてから情報を抽出する方法もある。例えば、現実的に3次元形状モデルを利用する際にはアファイン変換を掛けることが多い。アファイン変換に対して堅牢な埋め込みをするには、次のようにすればよい。

- (1) 4面体の体積の比を用いる。
  - (2) 何らかの方法で掛けられた変換を推定し、逆変換をかけて変換の影響を消してから情報を抽出する。
- これら2つのやり方については後に述べる情報埋め込みの具体的手法の中で説明する。

【0033】・シンボルの埋め込み法:上記の量にシンボルを埋め込むには、ある量の中で使用目的から見て冗長な部分を変更して埋め込む。最も単純には、例えば、モデルの見かけに影響を与えないような、量の最下位bitいくつかを埋め込みたいシンボルの値に書き換える。勿論、一般には、埋め込みたい情報の全体が1シンボルに入ることは少ないから、複数のシンボルをまとめて順序を付けたシンボル列を作って情報を埋め込む。シンボルの順序付けの手法については後に述べる。

【0034】・頂点移動によるシンボル埋め込みの堅ろう化:最下位bitを使ったこのシンボル埋め込み法は実装が簡単であるが、頂点座標への乱数値の重畳という単純で有効な破壊法に対して堅牢でない。最下位bitへの埋め込みを用いると、重畳する乱数値の大きさが最下位bitと同程度以上になると情報が破壊される。情報埋め込み処理の入力が連結性のある3角形メッシュで張られた面であったり、または曲面で定義されていたりす

る場合には、乱数値の重畳による破壊法に対して堅ろう性を高める手法がある。堅ろう性を高めるには、各頂点の近傍の面の曲率を知り、頂点の位置で曲率の最も小さな方向に頂点をずらすようにする。こうすれば、頂点座標を比較的大きく移動してもモデルの外観に与える影響は小さく抑えることが可能である。各頂点の近傍での曲率は、入力が曲面で定義されている場合には正確に計算できるし、入力が多角形メッシュで定義された面の場合でも近似的に推定することが出来る。

10 【0035】なお、頂点座標のみの変更による埋め込み法は、シンボルの順序付けに頂点の連結関係を使わない場合には、位相情報のみを変更する攪乱に耐える。例えば、頂点を共有するindexed face setから独立の3角形の集合に変換しても、座標値が変化しない限りは埋め込み情報が保存される。

【0036】A. 2. 1. 2 位相変更によるシンボル埋め込み法

3次元形状モデルの位相変更による埋め込み法では、頂点の連結関係を変えることにより情報を埋め込む。

20 【0037】・4角形分割法:図2に4角形を2つの3角形に分割する2つの場合にシンボルを対応させて情報を埋め込む方法を示す。図2(a)の4角形を2つの3角形に分割する方法として図2(b),(c)の2通りがある。これらを異なる2つのシンボルに対応させることにより2値の埋め込みが可能になる。図2では、1つの多角形メッシュを複数の多角形のメッシュに分割する場合に可能なくつの場合にアルファベットを対応させる。例えば、1つの4角形メッシュを2つの3角形メッシュに分割する場合に可能な2つの場合に2つのアルファベット(例えば2進法の(1,0))を対応させる(図2および図3(a))。この方法では、シンボルを埋め込む操作自体は、頂点数を変えず、頂点座標値も変えない。ただし、情報埋め込み処理の一環として、位相変更によるシンボル埋め込みの前に、入力の多面体モデルを再メッシングしたり(例えばメッシュを細かくして埋め込める情報量を増やす)した後に埋め込む場合は考えられる。また、曲面を入力とする場合には当然、あらかじめメッシングが必要である。

40 【0038】・メッシュ細度変更法:図3にメッシュにシンボル列を埋め込んだ例を示す。図3(a)は4角形を2つの3角形に分割する2つの場合を使ったシンボル埋め込み例である。図3(b)はメッシュの細度を変えてシンボル列を埋め込んだ例である。図3ではメッシュの細さを局所的に変え、情報を埋め込む。多面体モデルを入力とする場合には、必要ならば頂点を追加してメッシュの細かさを変える。曲面モデルを入力とする場合には曲面をメッシュ分割する際、メッシュ細度を変えて情報を埋め込む。情報のエンコーディングには、2つ以上のメッシュ細度を設定し、それをアルファベットに対応させればよい。その他、4角形メッシュを幾つに分割(メッ



シユの細度変更) するかで2つのシンボルを埋め込む方法がある。

【0039】A. 2. 2 プリミティブ間の順序付け  
実用的な量の情報を埋め込むためには、埋め込みのためのプリミティブの集合を考え、その要素間で順序付けをし、順序の付いたプリミティブの集合全体で情報(データ)をエンコードする事が重要である。上記のように一度順序が付いた埋め込みプリミティブの集合に情報を埋め込む手法はシンボル列埋め込みとパターン埋め込みの2種類に分類出来る。シンボル列埋め込みでは、英文アルファベット1文字や2進数の各桁の数字(1と0)などのシンボルを各埋め込みプリミティブに対応させ、全体として順序のついた記号列を埋め込む。プリミティブの配置の多くは1次元順序であるが、2次元以上の順序もありえる。パターン埋め込みは、可視化すると人が視覚的に認識できるパターンを、多くは2次元順序を付けた埋め込みプリミティブ集合に埋め込む。順序をつけるには、(1)開始プリミティブを決め、(2)開始プリミティブから始めてそれ以外のプリミティブの間で順序を決める必要がある。プリミティブの順序付けの手法は、順序の導入法で位相的順序付けと量的順序付けの2つに分類できる。また、大きく分けて順序の局所性で大域的順序付けと局所的順序付けの2つに分類できる。

【0040】A. 2. 2. 1 順序の導入法  
点や3角形等のプリミティブの集合に順序を導入するには以下の2つの方法が考えられる。

・位相的順序付け (Topological ordering) : この方法では、3角形多面体モデルを入力とし、頂点集合、あるいはそれから派生する3角形や4面体の連結性を用いて、3角形や4面体などのシンボル埋め込み単位を順序付けする。例えば、向き付け可能(orientable)な多様体の頂点の集合は、ある頂点を始点とする、1意に定まる展開木 (spanning tree) で覆うことが出来る。この展開木を適当な手順でトラバース (例えば、深さ優先のトラバース) することにより頂点集合に順序を導入できる

【0041】位相的順序付けの大きな弱点は、頂点集合に位相が存在している必要がある点である。たとえば互いに連結関係の無い点や3角形の集合にはそのままでは適用できない。連結性の無い点の集合に適用するには、例えばデラウネイ・トライアングレーション (Delaunay triangulation) を用いて位相を導入する必要がある。

・量的順序付け (Quantitative ordering) : この方法では、直線の長さ、3角形の面積、4面体の体積、あるいはそれぞれの間の比の大きさ等の量自体に注目し、これらの量をソーティングして全順序を付ける。複数の同じ値が存在する場合は値を振って同点を破るか、同点の物を無視して次に大きい(小さい)ものに移るようにすればよい。量的順序付けは位相の存在を必ずしも仮定せず、例えば、互いに独立な3角形の集合(頂点を3角

形にまとめるだけの位相は存在するとする) でも、3角形の面積の大小関係で順序を導入することが出来る。勿論、点の集合が与えられ、シンボル埋め込み単位が4面体の場合はデラウネイ・トライアングレーション等により頂点を組み合わせて位相を導入し、4面体の集合を作る必要がある。

【0042】A. 2. 2. 2 順序の局所性

順序付けの手法は、その局所性から、グローバル順序付け、ローカル順序付け、添え字順序付けの3つに分類できる。

・グローバル順序付け : 一つの埋め込み対象に含まれるすべての埋め込みプリミティブを順序付ける。一般に、他の2手法に比べてこの手法の空間利用効率は高いが、順序が壊されやすい弱点がある。

・ローカル順序付け : 一つの埋め込み対象に含まれる埋め込みプリミティブを複数の独立なサブセットに分割し、それぞれのサブセット内で順序を付ける。各サブセットは、埋め込みプリミティブ間の近さ(例えばユークリッド空間的近さ)をもとに作られる。

・添え字順序付け : ローカル順序付けに類似するが、そのサブセットが非常に小さい(例えば数プリミティブ程度)。このサブセットをマクロ埋め込みプリミティブ (macro embedding primitive) と呼ぶ。マクロ埋め込みプリミティブには、情報(データ)をエンコードするシンボルとペアで、そのシンボルの順序を示す添え字も同時に埋め込む。この添え字によりシンボルの集合が順序付けされる。

後者2手法の近傍の測度としては、位相的(例えば3角形メッシュにおける頂点の隣接性)または量的(例えば面積の比の値やユークリッド距離)のいずれを用いてもよい。

【0043】A. 2. 3 堅ろう性向上の手法

本節では埋め込み情報の破壊に対する堅牢性向上に有効な手法を提案する。まず、全体的には、互いに堅ろう性の性格が異なる複数の手法や堅ろう性を高める手法を組み合わせて使用し、互いの欠点を補う事があげられる。この他、以下のような手法がある。

【0044】A. 2. 3. 1 大域的変換に対する堅ろう性向上

大域的な変換(世界座標全体に均等に変換がかかる)に対して堅ろう性を高める手法として、(1)変換に対して不変な量を使う(例えば、アファイン変換を想定する場合アファイン変換に不変な量、例えば2つの4面体の体積比を用いる)、また、(2)変換を推定して逆変換を掛ける、の2つがある。局所変換に対して堅ろう性を高めるには、後で述べる切り取りに対する堅ろう性向上の手法である埋め込みの反復が有効である。

【0045】A. 2. 3. 2 ランダムな攪乱に対する堅ろう性向上

頂点座標を変えて情報を埋め込む方法において、計算誤

差、表現誤差、あるいはランダム値の畳重による攪乱に対する堅牢性を高めるには座標を大きく変えればよい。しかし、ただでたらめな方向に大きな振幅で座標を振ると、モデル自体が変わってしまう。

【0046】・頂点座標を曲面内に拘束する：曲面モデルを入力とし、埋め込み処理とメッシュ分割処理を同時に行える場合には、頂点座標の移動を元の曲面内に拘束することで、出力される多面体モデルの見かけを殆ど変えずに頂点の移動量を大きく出来る。元々、曲面のメッシュ分割において、どこに頂点を生成するのかは任意性が高い。この任意性をうまく使って情報を埋め込むのである。

・面の最小曲率方向に頂点を移動する：座標を振る振幅を大きく取り、かつモデルの見かけを変えないためには、注目する頂点の接平面を考え、その接平面内でかつ曲率の小さな方向に頂点を移動することが有効である。曲率の小さな位置や向きを求めるには、情報埋め込みの入力が曲面を含むモデルで指定され、曲面から多面体への変換と情報の埋め込みが、情報埋め込み処理の一環として同時に行われる方が有利である。もし入力が多面体

モデルの場合は、その頂点の近傍の頂点を幾つか見て、与えられた頂点の近傍での曲率を推定する。  
・法線ベクタを変えないように頂点を動かす：（頂点座標を動かす手法に適用）多面体モデルでは、モデルに頂点法線ベクタを付けてスムーズシェーディング処理を行い、多面体で近似した本来曲面である部分をあたかも曲面であるかのように滑らかに表示しようとする。この場合、スムーズシェーディング後のモデルの見かけは、頂点座標の位置だけでなく（時にはそれ以上に）、頂点法線ベクタに依存する。従って元の曲面に近く見えるように頂点法線ベクタがついていれば、見かけを殆ど変えずに大きな振幅で頂点座標を動かすことができる。

【0047】これらの3つの手法を組み合わせると、埋め込み情報を消す目的の攪乱（例えば乱数値の畳重）の結果得られるモデルの品質低下がより大きくなる。特に、曲面を元にしてメッシュを生成し上の手法群を適用する場合は、より強い盗用の牽制につながる。これは、盗用する側では元になった曲面の情報が使用でき無いため、モデルの品質低下を招かないような規則性のある攪乱（例えば面の曲率最小の方向に攪乱を集中する）を加えて情報を破壊することは極めて困難な為である。情報埋め込み処理プログラムの入力が曲面であるとして、これら3つの手法を組み合わせた場合の埋め込みの手順は以下ようになる。従来、一般に、曲面を頂点法線ベクタ付きの多面体モデルに変換するためには、まずメッシュに分割し、各頂点の法線を計算する。本発明では情報埋め込みを行う場合に、この手順を以下のように変更する。

(1) メッシュに分割する。

(2) 情報埋め込みのために頂点座標を変更する。この

時、

一 頂点が元の曲面（これは入力からわかる）に乗るように拘束する。

一 動かす方向は曲率最小の方向にする。

(3) 変更後の各頂点の座標で、元の曲面の情報を使って頂点法線ベクタを計算する。

こうすると、頂点の位置が曲面上でかなり大きく変化しても、その新たな位置に対応した正しい頂点法線ベクタが計算され、生成される多面体モデルに付与される。

この手法を用いると、情報を埋め込まれたモデルのスムーズシェーディング後の見かけは情報埋め込みの無い場合と殆ど変わらない。

【0048】A. 2. 3. 3 切り取りや局所変形に対する堅ろう性向上

・埋め込みの反復：（全般的に適用）一つのモデル内で複数の個所に繰り返して埋め込みをすることにより、部分的な変形、切り取り、等の攪乱に対する堅牢性が高まる。情報の生き残るようには空間的な局所性を持つ局所的順序付けを用いる。こうすると、あるモデル内の一つの物体が複数に分解される、あるいは頂点が複数取り除かれる、等しても情報が生き残る可能性が大きくなる。

【0049】A. 2. 3. 4 情報解読に対する堅ろう性向上

・埋め込もうとする情報の暗号化：（シンボル列埋め込み法に適用）情報埋め込みの目的が、3次元形状モデルの中に第三者に知られたくない秘密の情報を埋め込むことである場合には、シンボル列に埋め込む情報そのものをあらかじめ暗号化して置く事も考えられる。こうすれば情報の破壊は出来ても不正な読み出しは出来ない。シンボル列を埋め込む際にシンボル列の順序をM系列等の疑似乱数系列を用いて攪乱し統計的性質を消す方法も、ここに分類されるものとする。

【0050】A. 3 パターン埋め込みの手法

次に、主に可視な埋め込みを行うため、シンボル列ではなく、パターンをそのままメッシュに埋め込む手法をいくつか述べる。

A. 3. 1 位相と座標値を変える手法

シンボル列ではなく、パターンをそのままメッシュに埋め込むことも出来る。ただしこの手法はメッシュがある程度複雑でなければならない。従って、ある程度密なメッシュを得るために、多面体モデルが入力ならばメッシュの切り直し、曲面モデルが入力ならば密なメッシュの生成が必要な場合もある。この種類の方法にとって最も都合が良いのは、入力が曲面モデルで、ある程度自由にメッシュを生成できる場合である。

・デラウネイ条件法：あるメッシュがデラウネイ条件を満たすかいかにパターンを埋め込む。

・多角形分割法：1つの多角形メッシュを複数の多角形のメッシュに分割する場合に可能ないくつかの場合に画

像パターンを埋め込む。例えば、4角形を3角形に分割する際の2種類の場合をインクの白・黒と思って2値画像を埋め込むことが出来る。図4(a)の例はこの4角形の分割の場合である。図4(c)は埋め込んだパターンを見易くした場合。

・メッシュ細度変更法：メッシュの細さを局所的に変え、可視パターン情報を埋め込む。多面体モデルを入力とする場合には、必要ならば頂点を追加してメッシュの細かさを変える。曲面モデルを入力とする場合には曲面をメッシュ分割する際、メッシュ細度を変えて情報を埋め込むと良い。

例えば、2つのメッシュ細度を設定し、それをインクの白・黒と思って2値パターンを可視に埋め込む。図4にメッシュにパターン情報を埋め込む方法の例を示す。図4(a)は4角形を2つの3角形に分割する2つの場合を使って埋め込んだ例である。図4(b)はメッシュの細度を変えて埋め込んだ例である。図4(c)は線画パターンにそってメッシュを切ることで、パターンを埋め込んだ例である。図4(d)、(e)、(f)では、パターンを見易くするために4角形に影を付けたリ線面上のエッジを太く描いている。図4(d)は図4(a)のパターンを見易くするため影を付けたものである。図4(b)では4角メッシュの分割を例にしたが、任意の多角形メッシュについて、分割細度を使って2値もしくは多値のパターンを埋め込むことが出来る。

・パターンカッティング法：パターンを線画として使い、その線をtrim(トリム)カーブのように使って多角形を切ることで新たなメッシュを作ってパターンを埋め込む。(図4(c)及びトリムカーブを太くして見易くした図4(f)を参照)

【0051】上記のパターン埋め込み法は、埋め込みの結果をモデルそのものの上に可視となることがある。不可視な埋め込みを目的とする場合にはこの特徴は欠点であるが、逆に積極的に利用して、可視な情報埋め込みを実現できる。例えば、埋め込む情報を可視なパターン情報(例えばアルファベット文字の形状)とし、文字の部分だけメッシュの細度を変更する。このメッシュをワイヤフレーム表示すると、注意深く見ればパターンを直接見ることも出来る。しかし現実には、図4(a)の例でも何えるように、モデルが複雑になり(例えば曲面)、あるいはエンコーディングに少し工夫をするとパターンは実質的に不可視になる。またデラウネイ条件の合否による埋め込みの場合はメッシュの変更が小さく、直接ワイ\*

#VRML V1.0 ascii

# Creator: RSW (IBM Japan Ltd.) (C) 1996

Separator {

Info {

string "/afs/trl.ibm.com/home/ohbuchi/rs2/lightmove/c0.0.wrl"

}

LightModel {

\*ヤフレームで遠いを見ることはほぼ不可能である。これらの場合には「あぶり出し」に相当するような簡単なパターンの可視化処理が必要になる。

・堅ろう性についてのコメント：後で実装例とその実験で示すが、このようなメッシュ分割による可視な埋め込みは、メッシュの単純化にもある程度の堅ろう性を持つ。

#### 【0052】B. 実施例

上記「A. 埋め込み手法」において情報埋め込み手法を複数述べた。これらの手法は互いに独立に用いてもよいが、組み合わせて初めて一つの具体的手法としてもよい。例えば、頂点座標にシンボルを埋め込む方法と、シンボル間で順序を付ける方法を組み合わせて初めて具体的なシンボル列埋め込みアルゴリズムが作られる。また、頂点座標に埋め込む手法を位相のみに埋め込む手法(頂点の増減や頂点座標の変更なし)と組み合わせれば双方の堅ろう性を兼ね備えた新たな手法を作ることが出来る。以下、いくつかの具体的な実施例を示す。

##### B. 1 外部表現への埋め込み

###### 20 B. 1. 1 シンボル列埋め込み

###### B. 1. 1 ファイル内の3角形頂点順序への埋め込み法

<特徴>頂点共有型の3角形ファイルで見られる、連結関係を持つ3頂点で3角形を指定するフォーマットに存在する頂点指定の冗長性に注目して情報を埋め込む。頂点A、B、Cが3角形を決める場合、3種類の頂点出現の順序は(表裏の区別も含めて)同じ3角形を指定する：つまり、(A,B,C)、(B,C,A)、(C,A,B)の3つの3角形は等しい。この冗長性に情報を埋め込む。非常に単純な手法で実装も簡単だが、破壊も容易である。

30 <入力>位相を持つ3角形メッシュデータ  $\{T_{i,j,k}, \{P_i\}\}$

<手法>シンボル列埋め込み。

シンボル埋め込みの単位：外部(ファイル)形式で指定される3角形

順序付けの手法：ファイル内における、3角形を指定する頂点インデックス3つ組みの出現順序。

40 <実装例>外部表現(ファイルフォーマット)において、ある3角形の頂点インデックスの存在する行で、巡回的に頂点インデックスをシフトする。以下は形状モデルの一部を切り出した物である。

#### 【0053】

```

        model BASE_COLOR
    )
    MaterialBinding {
        value PER_VERTEX_INDEXED
    }
    ShapeHints {
        vertexOrdering COUNTERCLOCKWISE
        shapeType SOLID
        faceType CONVEX
    }
Separator {
    Material {
        ambientColor 0.000000 0.000000 0.000000
        diffuseColor 1.000000 1.000000 1.000000
        specularColor 0.000000 0.000000 0.000000
        transparency 0
        shininess 1.0
    }
    NormalBinding {
        value OVERALL
    }
    Coordinate3 {
        point [
            1.461539 1.500000 -5.121172,
            1.505732 1.500000 -4.824445,
            0.516642 1.500000 -4.677134,
            0.472448 1.500000 -4.973861,
            0.989090 1.500000 -4.899153,
            1.011187 1.500000 -4.750789,
            0.966994 1.500000 -5.047516,
            1.247411 1.500000 -4.861799,
            1.225314 1.500000 -5.010162,
            0.752866 1.500000 -4.788143,
            0.730769 1.500000 -4.936507,
            0.763914 1.500000 -4.713962,
            1.258460 1.500000 -4.787617,
            1.214266 1.500000 -5.084344,
            0.719721 1.500000 -5.010689,
        ]
    }
}
Material {
    ambientColor
    specularColor
    shininess
    transparency
    diffuseColor [
        1.000000 1.000000 1.000000,
        1.000000 1.000000 1.000000,
        1.000000 1.000000 1.000000,
        1.000000 1.000000 1.000000,
    ]
}

```

```

1.000000 1.000000 1.000000,
1.000000 1.000000 1.000000,
1.000000 1.000000 1.000000,
1.000000 1.000000 1.000000,
1.000000 1.000000 1.000000,
1.000000 1.000000 1.000000,
1.000000 1.000000 1.000000,
1.000000 1.000000 1.000000,
1.000000 1.000000 1.000000,
1.000000 1.000000 1.000000,
1.000000 1.000000 1.000000,
1.000000 1.000000 1.000000,
1.000000 1.000000 1.000000,
1.000000 1.000000 1.000000,
1.000000 1.000000 1.000000,
]
)
IndexedFaceSet (
  coordIndex [
    0,1,7,-1, 7,4,8,-1, 7,8,0,-1, 9, ###この行に注目
    5,11,-1, 9,11,2,-1, 5,9,4,-1, 5,4,
    7,-1, 7,1,12,-1, 7,12,5,-1, 9,3,10,-1,
    9,10,4,-1, 3,9,2,-1, 8,6,13,-1, 8,
    13,0,-1, 6,8,4,-1, 6,4,10,-1, 10,3,
    14,-1, 10,14,6,-1,
  ]
  materialIndex [
    0,1,7,-1, 7,4,8,-1, 7,8,0,-1, 9,
    5,11,-1, 9,11,2,-1, 5,9,4,-1, 5,4,
    7,-1, 7,1,12,-1, 7,12,5,-1, 9,3,10,-1,
    9,10,4,-1, 3,9,2,-1, 8,6,13,-1, 8,
    13,0,-1, 6,8,4,-1, 6,4,10,-1, 10,3,
    14,-1, 10,14,6,-1,
  ]
)

```

【0054】この中で、最後近くに「この行に注目」とある所で、たとえば(0,1,7,-1)が0,1,7番目の頂点座標をこの順で結んだ3角形を表す(-1は終了記号)。ここで、(0,1,7,-1)、(1,7,0,-1)、(7,0,1,-1)の3つは全く同じ3角形を表しているの、この3つの表現のうちのどれを選ぶかで3種類のシンボルを表現できる。同様な事は頂点座標にがきらず頂点色や頂点法線ベクタについても言え、これらも情報埋め込みに使う事もできる。

＜堅牢性＞3角形の頂点の外部表現かつ内部表現の位相情報が維持される限り、頂点の座標はどれだけ変わってもよい。例えば、頂点座標の局所変形、投影変換等にも耐える。

#### 【0055】B. 2 内部表現への埋め込み

##### B. 2. 1 シンボル列埋め込み

##### B. 2. 1. 1 3角形の無次元量への埋め込み法

＜特徴＞相似変換不変な3角形の無次元量にシンボルを埋め込む。

＜入力＞3角形メッシュデータ  $\{T_{i,j,k}, \{P_i\}\}$

＜手法＞シンボル列埋め込み。

埋め込み単位：相似な3角形の集合を特徴づける2つの

無次元量を微少量振り、シンボルを埋め込む。

順序付け法：埋め込みの基本単位を複数まとめ、これにインデックスをシンボルと同時に埋め込む事による局所的順序付け。埋め込み対象の組を作るには、例えば4つの3角形の位相的隣接関係(局所的順序付け)を使用。

＜実装例＞相似な3角形の集合を特徴づける2つの無次元量の組、例えば(b/a, c/a)、 $\{S/(a*a), b/c\}$ 、 $\{t_1, t_2\}$ 等を微少量振り、シンボルを埋め込む。3角形と辺を共有する3つの3角形、 $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ を取り出す。tにはデータを取り出した事を示すマークをいれる。 $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ にはシンボルと、順序を示すindexをいれる。

【0056】図5に、3角形の2つの無次元量を利用して情報を埋め込む例を示す。図5(a)において、相似な3角形の集合を特徴づける2つの無次元量の組には、(b/a, c/a)、 $\{S/(a*a), b/c\}$ 、 $\{t_1, t_2\}$ 等がある。これを元に図5(b)に示すように、3角形を4つ組みにしてマクロな単位として扱い、2つのデータ、インデックスとマークを埋め込む。

＜応用＞上記の埋め込み方法は、元の曲面の知識に基づ

いて頂点移動方向を選択し、見かけを変えずに頂点移動量を大きくすることによって、頂点のランダムな攪乱に対する堅ろう性を高める手法(A.3 パターン埋め込みの手法、を参照)を適用できる。

【0057】図6に曲面モデルに情報を埋め込む手法の例を示す。図6では曲面モデル(ここでは球)を入力とし、相似三角形の4つ組みを単位として情報を埋め込む手法である。図6(a)は、球の曲面モデルを元に、埋め込みをせずに3角形分割したメッシュを示し、図6(b)は情報埋め込みを行って3角形分割したメッシュを示す。頂点の移動をあらかじめ与えられた曲面上に制限すると、大きく移動しても(図6(b))見かけの変化は小さい。特に、元の曲面から法線ベクタを計算して与えれば、スムーズシェーディングした場合の見かけ上の差は殆ど無い(図6(c)と(d)を比較)。ここで、図6(b)のメッシュは、見かけを変えずに頂点移動量を大きくするために、元の曲面の知識を使って頂点移動を曲面内に制限している。このため、図6(b)で見られるような大きな頂点移動を行っても、移動後の頂点の位置で元の曲面から計算した法線ベクタを使ってスムーズシェーディングを行えば、レンダリング結果に外観上の差は殆ど無い。図6(c)は図6(a)のスムーズシェーディングの結果を示し、図6(d)は図6(b)のスムーズシェーディングの結果を示している。図6(c)と図6(d)を比較してわかるようにレンダリング結果に外観上の差は殆ど無い。図6(b)のモデルにランダム値を重畳して情報破壊を行おうとするとモデルの形状も明らかに変化し、モデルの価値が損なわれるため、盗用の意味が大きく薄れる。より高度の破壊方法として、盗用者が、手に入れた3角形メッシュから元の曲面を推定して曲面に沿う方向にランダムな頂点移動を加えてもよい。盗用者は元の曲面の情報を使うことが出来ないため曲面の推定が正確にはゆかず、やはりモデル形状の劣化につながるため、モデルの価値を損なわずに情報を破壊するのは困難である。ここで使用した堅ろう化法は相似3角形による埋め込みに適用したため相似変換には堅牢である。さらに、この堅ろう化法をアファイン変換不変な4面体の体積比による埋め込みに適用すれば、アファイン変換かつランダムな頂点座標の攪乱に堅牢な埋め込み法となる。

＜堅牢性＞相似変換(平行移動、回転、スケーリング)に耐える。局所順序を用いているので、モデルの一部を削っても、位相構造を部分的に変えても、情報が残ることが期待出来、残った情報は取り出せる。埋め込みの反復、元の曲面の知識に基づいた頂点移動方向の選択、等によりさらに堅ろう性が高まる。

【0058】B. 2. 1. 2 3角形の頂点座標への埋め込み

＜特徴＞頂点の順序を位相データから決めるので、ストリングデータ(文字データ)のように、順序を持ったデータの埋め込みにおいて、インデックス情報を埋め込む

必要がない。反面、「B. 2. 1. 4 頂点の集合への埋め込み」で述べた方法より堅牢でない。

＜入力＞3角形メッシュデータ  $\{T_{i,j,k}, \{P_i\}\}$

＜手法＞シンボル列埋め込み。

埋め込み対象：頂点座標そのもの。

順序付け法：任意の開始頂点をきめ、位相データ(頂点間の接続情報)を用いて

シンボル間の順序を決める。＜実装例＞

1. 頂点のソートは開始頂点と頂点を含む辺をたどる方向を決めれば可能なので、特定の開始頂点で得られた頂点列の始めの数個に、順次、マークを付ける。開始頂点は可能なすべての順列を調べ、特定のマークを探す。計算量は $O(n)$ である。

2. 開始三角形を元にして展開木(またはそのサブセット)を求める。頂点の近傍が平面と同相(2-多様体)であれば、時計周りか反時計周りか、また、深さ優先か幅優先かに応じて、展開木を一意に決めることができる。

3. 展開木で探索された順序によって頂点にインデックスを付ける。

4. その順序で、座標値を微小量ずらし、データを埋め込む。

＜堅牢性＞平行移動、回転、スケーリングに耐える。

【0059】B. 2. 1. 3 4面体の体積比への埋め込み

＜特徴＞アファイン変換不変量である4面体の体積比にシンボルを埋め込む。

＜入力＞3角形メッシュデータ  $\{T_{i,j,k}, \{P_i\}\}$

＜手法＞シンボル列埋め込み。

埋め込み対象：メッシュの3角形 $t$ を底面とする2つの4面体の体積の比にシンボルを埋め込む。

順序付け法：マーカー、インデックス、およびシンボルを「マクロな」埋め込み対象に同時に埋め込む事による局所的順序付け。埋め込み対象の組(マクロな埋め込み対象)を作るには4つの4面体の位相的隣接関係(局所的な順序付け)を使用。

＜実装例＞

1. 同一平面上に無く、かつ一辺を共有する3角形 $t_a, t_b$ を選ぶ。

2.  $t_a, t_b$ と辺を共有する4つの3角形、 $t_1, t_2, t_3, t_4$ を取り出す。

3.  $t_a, t_b$ との重心 $G$ を求める。

4. 基準体積 $V_0$ を $V_0 = (V_{t_1} + V_{t_2}) / 2$ とする。(これは他にも幾つも考えられる。例えば $V_0$ はこの2.2倍でも良い。)ここで $V_{t_i}$ は重心 $G$ と3角形 $t_i$ が作る4面体の体積である。

5.  $V_0$ と、 $t_1, t_2, t_3, t_4$ の各3角形を底面とする4つの4面体の体積比 $r_i = V_{t_i} / V_0$ を振ることによって4つの4面体にデータを格納する。体積比を振るには、 $t_i$ のそれぞれについて、 $t_a, t_b$ と共有しない $t_i$ の頂

点をずらす。4つの体積比、 $r_1, r_2, r_3, r_4$ には、それぞれ、マクロな埋め込み対象を示すマーク、シンボルを2つ、およびインデックスを格納する。

\*

Copyright (C) by IBM Japan, Ltd. 1996.

Model No. 124532.

IBM Japan, Ltd. has been authorized to freely distribute these Datasets. They are provided for unlimited use in existing or modified form. The actual Dataset (ie, geometry) may not, h

\*【0060】本アルゴリズムを実装し、実際に情報を埋め込んだ。埋め込んだ情報は以下の通りである。

【0061】このモデルは1025個の3角形からなり、本アルゴリズムを使うと1文字8bitの文字を238文字埋め込むことが出来た。図7にVRML1.0フォーマットのモデルへの4面体体積比を使った情報埋め込みの例を示す。図7(a)がオリジナルのモデルをワイアフレームで表示した図である。図7(b)、(c)、(d)に示すものは、それぞれ回転、ずれ、スケーリングを含んだ変換をオリジナルのモデルに施したものである。オリジナルのモデルに対して回転、ずれ変形、スケーリングを含んだ一般のアファイン変換Tを3回掛け、形状をかなり変形したが情報は問題無く保存されている。

【0062】＜堅牢性＞平行移動、回転、スケーリングに耐える。アファイン変換に耐える。モデルの一部を削っても、残った情報は取り出せる。位相構造を変えても、ある確率で情報は生き残る。埋め込みの反復、元の曲面の知識に基づいた頂点移動方向の選択(A.2.3.堅ろう性向上の手法を参照)、等によりさらに堅ろう性が高まる。

B.2.1.4 頂点の集合への埋め込み

＜特徴＞入力モデルの頂点の間の位相情報を仮定しない。従って、点、線、多面体(多面体間の位相無し)、及び連結性のある多面体が集まった、いわゆるpolygon soupに対して適用できる。

＜入力＞3次元の頂点P(x,y,z)の集合 $\Lambda = \{P_i\}$

＜手法＞シンボル列埋め込み。

埋め込み単位：頂点座標。

順序付け法：座標値(x,y,z)の3つ組みにインデックスとデータを入れる。

埋め込みは以下の手順で行う。 $\Lambda_1$ に属する点集合は埋め込みによる変更を加えず、後に加えられた相似変換を推定する目的に使用する。データは $\Lambda_2$ の要素の頂点に埋め込む。

1. 頂点の集合を座標系に依存しない方法で、次の関係を満たす $\Lambda_1$ と $\Lambda_2$ の二つに分割する。

・ $\Lambda = \Lambda_1 \cup \Lambda_2$

・ $\Lambda_1 \cap \Lambda_2 = \emptyset$

2. 点集合 $\Lambda_1$ から、座標系に依存しない次の量を算出する。

・固定点O( $x_0, y_0, z_0$ )

・独立な3つの直交ベクトル $V_x, V_y, V_z$

3.  $\Lambda$ の要素をO( $x_0, y_0, z_0$ )と、 $V_x, V_y, V_z$ で決まる座標系に変換する。

4.  $\Lambda_2$ の各頂点において、その座標値を微小量振ることによってシンボルを格納する。

【0063】抽出は、相似変換を仮定し、 $\Lambda_1$ に属する頂点集合から加えられた変換を推定し、加えられた変換の逆変換を頂点集合の全体にかけてから $\Lambda_2$ の各頂点から情報を取り出す。

＜実装例＞

1. 凸包(Convex hull) 算出アルゴリズムを用いて3次元の凸包を求め、凸包上の頂点 $\Lambda_1$ (これらの頂点には埋め込みをしない)とそれ以外(凸包の中)の頂点 $\Lambda_2$ (これらの頂点は位置を振って情報を埋め込む)に分ける。凸包は相似変換やアファイン変換によって変わらない。

2.  $\Lambda_1$ の重心を固定点O( $x_0, y_0, z_0$ )とする。また、 $\Lambda_1$ の共分散マトリックスを用いて三つの直交ベクトル、 $V_x, V_y, V_z$ を求める。

ここで共分散マトリックスCはの要素 $C_{jk}$ は以下で算出できる。

【数1】

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P^i$$

$$\bar{P}^i = P^i - \mu$$

$$C_{jk} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{P}_j^i \bar{P}_k^i, \quad 1 \leq j, k \leq 3$$

ここではnは $\Lambda_1$ の頂点の個数である。この固有ベクトルは座標系に依存しない直交する3ベクトルとなる。3ベクトルは、 $\Lambda_1$ の頂点のうち重心から最も遠い頂点までの距離で区別する。

3. 算出された重心と固有ベクトルを用いて $\Lambda$ を座標変換する。

4. 固有ベクトルの値があるトレランス内に収束するまで、2、3を繰り返す。

5  $\Delta_2$ の各頂点P(x,y,z)に対して、x,y,zの値を微小量ずらし、その量に情報を入れる。ここでは、例えばインデックスとデータの両方を(x,y,z)に入れる。

＜堅牢性＞平行移動、回転、スケーリングに耐える。位相（頂点間の接続）情報の変更にも耐える。

【0064】B. 2. 2 パターン埋め込み

B. 2. 2. 1 メッシュのデラウネイ性合否への埋め込み

＜特徴＞曲面モデルを入力とし、メッシュに切って多面体モデルに変換する過程で、情報によってメッシュ分割の結果の3角形がDelaunay条件を満たす／満たさないの変化を付ける。例えば著作権者のイニシャル等を、ある程度可視に埋め込める。埋め込める情報量は少ない。Delaunay条件の合否による埋め込みはシンボル列埋め込みにも使用できる。

＜入力＞曲面を含むモデル。

＜手法＞パターン埋め込み。まず、該当する曲面を均等な、デラウネイ条件を満たすメッシュに切る。次いで、埋め込みたい可視な透かしのパターンに該当する部分でメッシュがデラウネイ条件を満たさないようにメッシュを変更する。デラウネイ条件とは、3角形の3つの頂点の一つの円弧の上に乗っている条件である。例えば、図8(a)、(b)とも同一の4点であるが、位相の付け方により円弧に乗る、すなわちデラウネイ条件を満たす3角形は異なる。平面に埋め込むとポリゴン単純化処理で消されやすいので、出来れば曲面を入力とし、曲面を近似する多面体の部分に埋め込むほうがよい。

【0065】図8にデラウネイ条件を満たす3角形を示す。図8(a)では(a,b,c)が、図8(b)では(a,b,d)がデラウネイ条件を満たしている。

＜実装例＞デラウネイ条件の合否による埋め込みを実装した。図9にデラウネイ条件合否によるパターン埋め込みの例を示す。入力曲面の定義で、出力は3角形メッシュである。図9(a)はパターン埋め込み後のメッシュを示し、図9(b)はそれを「あぶり出し」して視覚化した物を示す。図9では曲面（球面の一部）を入力とし、3角形メッシュを生成する際に、デラウネイ条件の合否を使って「IBM」の文字パターンを埋め込んでいる。

＜堅牢性＞局所変形を含む（変換後のモデルが意味を持つような）殆どすべての幾何変換に耐える。ポリゴン単純化にもある程度耐え、認められるようなパターンが残る。

【0066】B. 2. 2. 2 メッシュ分割細度への埋め込み

＜特徴＞入力モデルのメッシュを切り直し、その際、情報によってメッシュの細かさを変える。可視な情報、例えば著作権者のイニシャル等を、埋め込める。埋め込める情報量は少ない。

＜入力＞3角形多面体のみ（位相情報付き）、又は曲面を含むモデル。

＜手法＞最も単純には、埋め込みたい可視な透かし(watermark)のパターンにメッシュの細かさを、それ以外の部分に比べて2倍もしくは4倍にする。入力モデルが3角形多面体でなく、曲面であり、埋め込み処理と同時にメッシュを切って3角形分割出来る場合に特に有効である。平面に埋め込むとポリゴン単純化処理で消え易いので、曲面を近似する多面体の部分に埋め込むとよい。

＜実装例＞メッシュ分割細度を変えて情報を埋め込むアルゴリズムを実装した。入力は曲面で、出力は3角形メッシュである。図10に球の一部をなす曲面を入力とし、メッシュ分割細度を1/4に変えてパターンを埋め込んだ例を示す。埋め込み後の3角形は3574個ある。図11(a)は球面の一部を表す曲面を入力とし、曲面のメッシュの細度を変えてパターン「IBM」を埋め込んだ例を示している。この例ではパターン埋め込み部分では、それ以外の部分に比べてメッシュの細度が4倍になっており、全体として3754個の三角形で構成されている。また図11はメッシュ分割細度によるパターンの埋め込みを、メッシュ単純化アルゴリズムAによって破壊してみた例でもある。メッシュ数が単純化前(3574)の半分近くになってもパターンはある程度残っている。図11(a)(b)(c)(d)は、メッシュ単純化操作Aを(a)→(b)→(c)→(d)の順に繰り返し加えて徐々に3角形メッシュを単純化した場合にどの様にパターンが消えてゆかを示したものである。このメッシュ単純化アルゴリズムAは、ある3角形を1つの頂点で置換してメッシュし直すアルゴリズムであるが、置換によって法線ベクタの向きが大きく変わる場合には置換を行わないアルゴリズムである。メッシュの単純化が進み、その数が1/2強程度になってもまだある程度元のパターンが残っていることがわかる。図12(a),(b),(c),(d)は、メッシュ分割細度によるパターンの埋め込みを、もう一つのメッシュ単純化アルゴリズムBによって(a)→(b)→(c)→(d)の順で破壊してみた例を示す。この単純化アルゴリズムBは、ある頂点の近傍で、その周辺の頂点の平均より求めた面とその頂点の距離を調べ、その値が小さい物から頂点を消してゆくアルゴリズムである。この単純化アルゴリズムBを適用した場合でも、ポリゴン数が単純化前(3574)の半分以下(1374)になっても元のパターンがある程度残っていることがわかる。

＜堅牢性＞局所変形を含む（変換後のモデルが意味を持つような）殆どすべての幾何変換に耐える。ポリゴン単純化にもある程度耐える。

【0067】C. 埋込みと抽出の全体的フロー

図16及び図17に、上記実施の形態で用いた、種々の異なった特徴を持つ複数の手法の中から、多面体モデルへのシンボル列の埋込み及びその抽出の全体的流れを説明する。他の手法も概要的には同様の流れで行われる。

【0068】C. 1 埋込みのフロー

図16に、多面体モデルに情報を埋め込むフローチャー



トを示す。まずステップ200において、埋め込む対象となる多面体モデルを準備する。次にステップ212において、3次元形状モデルを構成するプリミティブの順序付けのための開始プリミティブを探す。

【0069】ここで、開始プリミティブとは（「A. 2. 2 シンボル間の順序付け」を参照）、どのプリミティブを1番目として（初期条件として）順序を付けるか、を示すプリミティブである。さらに「どれから、どちらの方向へ」番号を振るか、が初期条件となる場合もありえる。該初期条件も、幾何プリミティブ同様に、予期される変換やその他の妨害に対して不変であることが望ましい。なぜなら抽出時に順序付けができない可能性があるからである。次にステップ213において、プリミティブの集合に順序をつける。

【0070】次に埋め込みのステップに移る。ステップ214でまず、埋込まれる情報をすべて埋め込んだかの判断がなされる。その結果がYESであれば、情報を埋め込んだ多面体モデルをステップ219で出力する。その結果がNOであれば、ステップ215で、プリミティブの順序に従って、i番目のプリミティブを選ぶ。そしてステップ216で、埋め込む情報からi番目のシンボルを取り出す。最後にi番目のプリミティブの幾何パラメータを変更してi番目のシンボルを埋め込む。そして処理はステップ214へ戻る。

【0071】C. 2 抽出のフロー

図17に、多面体モデルに埋め込まれた情報を抽出するフローチャートを示す。まずステップ300において、情報（この時点では情報が何であるか不明）が埋め込まれた多面体モデルを準備する。次にステップ312において、プリミティブ順序付けのための開始プリミティブを探す。次にステップ314において、プリミティブの集合に順序をつける。

【0072】次に抽出のステップに移る。ステップ316で、まず埋め込まれた情報を、すべて抽出したかの判断がなされる。その結果がYESであれば、抽出した情報をステップ319で出力する。その結果がNOであれば、ステップ317で、プリミティブの順序に従って、i番目のプリミティブを選択する。そしてステップ318で、i番目のプリミティブの幾何パラメータから、i番目のシンボルを抽出する。そして処理はステップ319へ戻る。

【0073】

【発明の効果】本発明により、点、線、多面体の集合で

表現される3次元形状モデルに、安全に、種々の情報を埋め込むことが可能になる。本願の情報埋め込み法は、例えば、3Dモデルの所有権情報の保護に用いることができる。また埋め込み及び抽出処理プログラムを3次元形状モデリングソフトウェアに組み込み、またその抽出処理プログラムをブラウザと組み合わせて使用することが可能になる。

【0074】

【図面の簡単な説明】

10 【図1】本発明の3次元多面体モデルに対する情報埋め込み操作と情報抽出操作を表す図である。

【図2】4角形を2つの3角形に分割する2つの場合にシンボルを対応させて情報を埋め込む方法を表す図である。

【図3】メッシュにシンボル列を埋め込んだ例を示す図である。

【図4】メッシュにパターン情報を埋め込む方法の例を示す図である。

20 【図5】3角形の2つの無次元量を利用して情報を埋め込む例を示す図である。

【図6】曲面モデルに情報を埋め込む手法の例を示す図である。

【図7】モデルへの4面体体積比を使った情報埋め込みの例を示す図である。

【図8】デラウネイ条件を満たす3角形を示す図である。

【図9】デラウネイ条件合否によるパターン埋め込みの例を示す図である。

30 【図10】球の一部をなす曲面にパターンを埋め込んだ例を示す図である。

【図11】メッシュ分割細度によるパターンの埋め込みを破壊した例を示す図である。

【図12】メッシュ分割細度によるパターンの埋め込みを破壊した、もう1つの例を示す図である。

【図13】本発明において使用されるシステムのハードウェア構成例である。

【図14】本発明の情報埋め込みの概要を示す。

【図15】本発明の情報抽出の概要を示す。

40 【図16】本発明の情報埋め込み方法のフローチャートである。

【図17】本発明の情報抽出方法のフローチャートである。

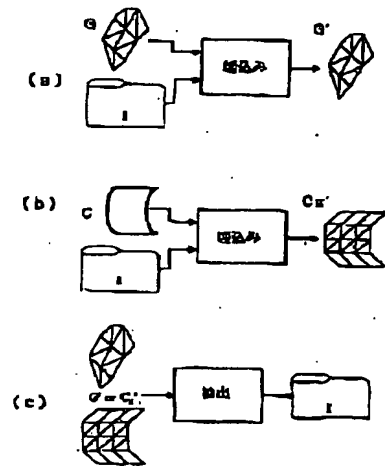
【図2】



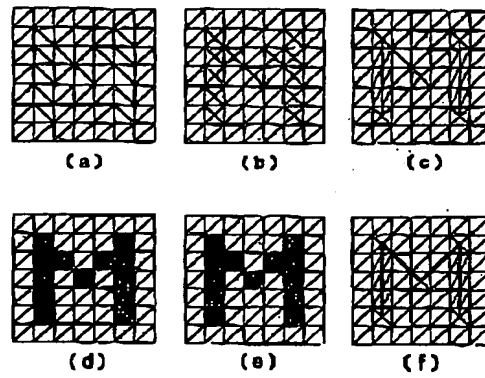
【図3】



【図1】

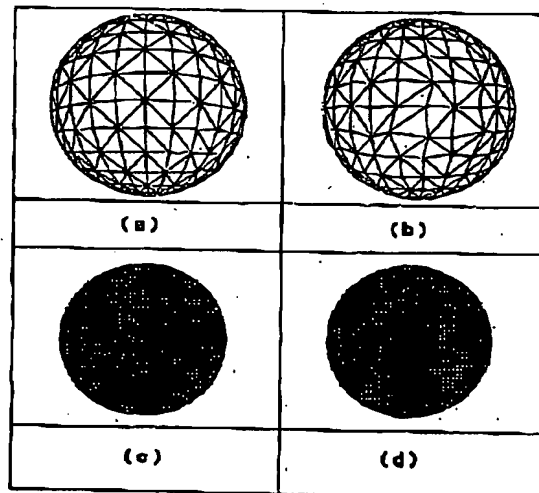
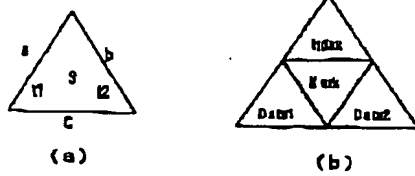


【図4】

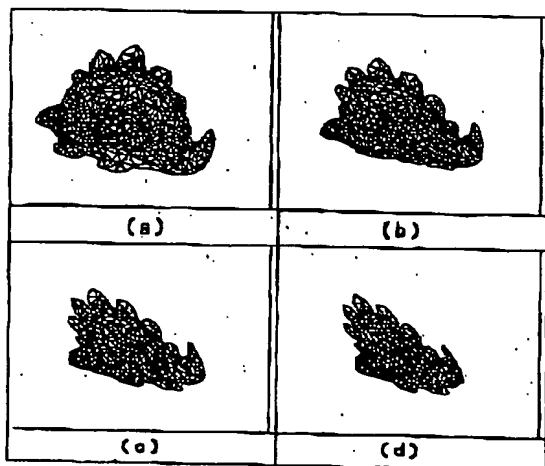


【図6】

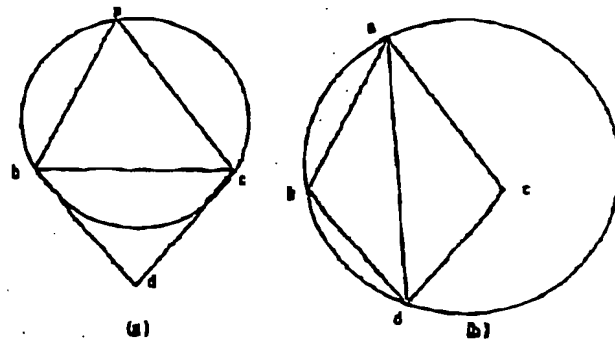
【図5】



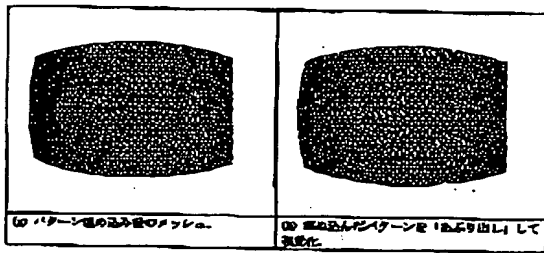
【図7】



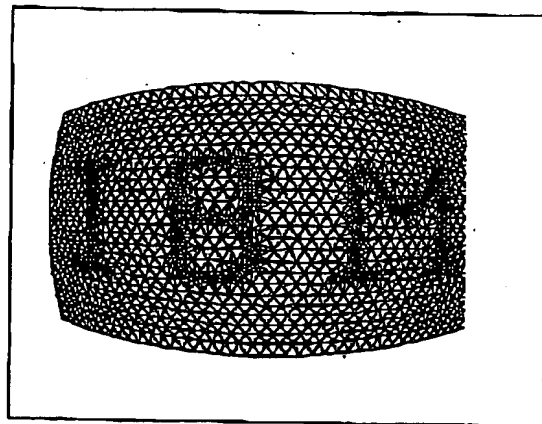
【図8】



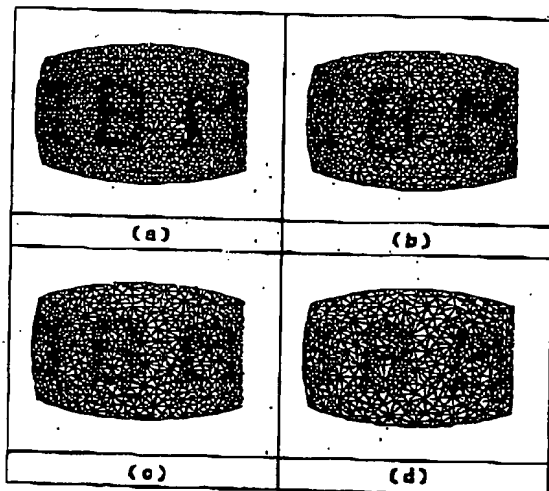
【図9】



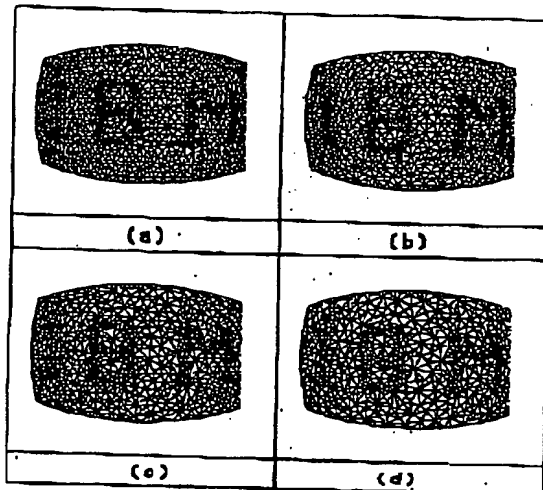
【図10】



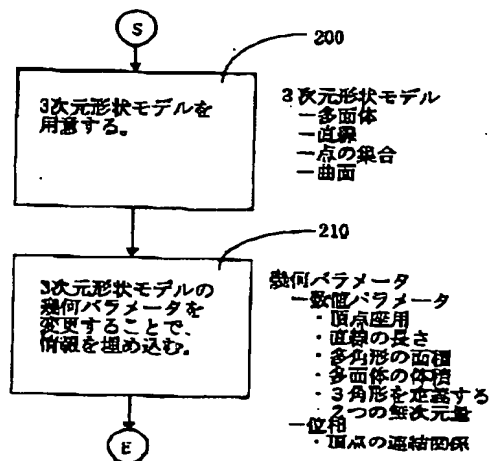
【図11】



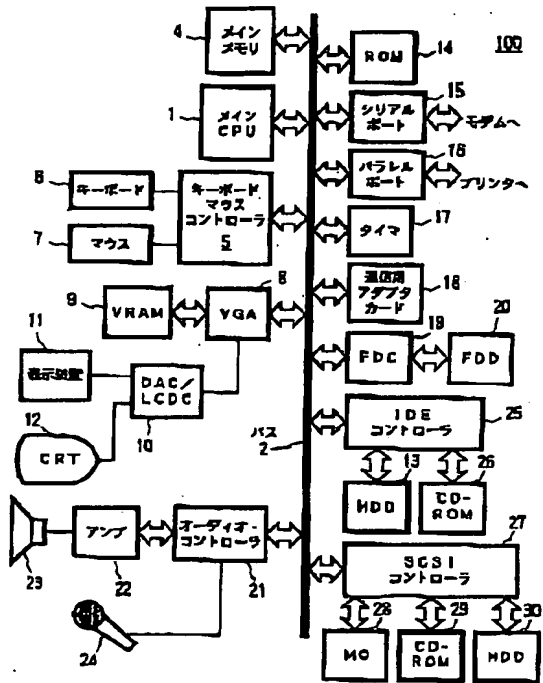
【図12】



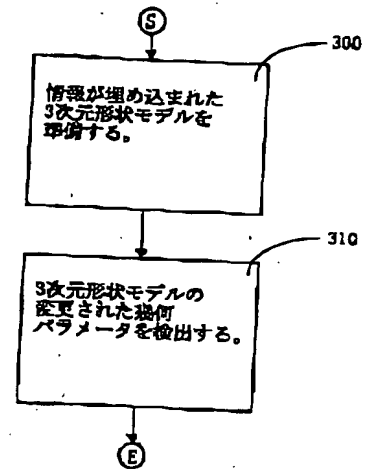
【図14】



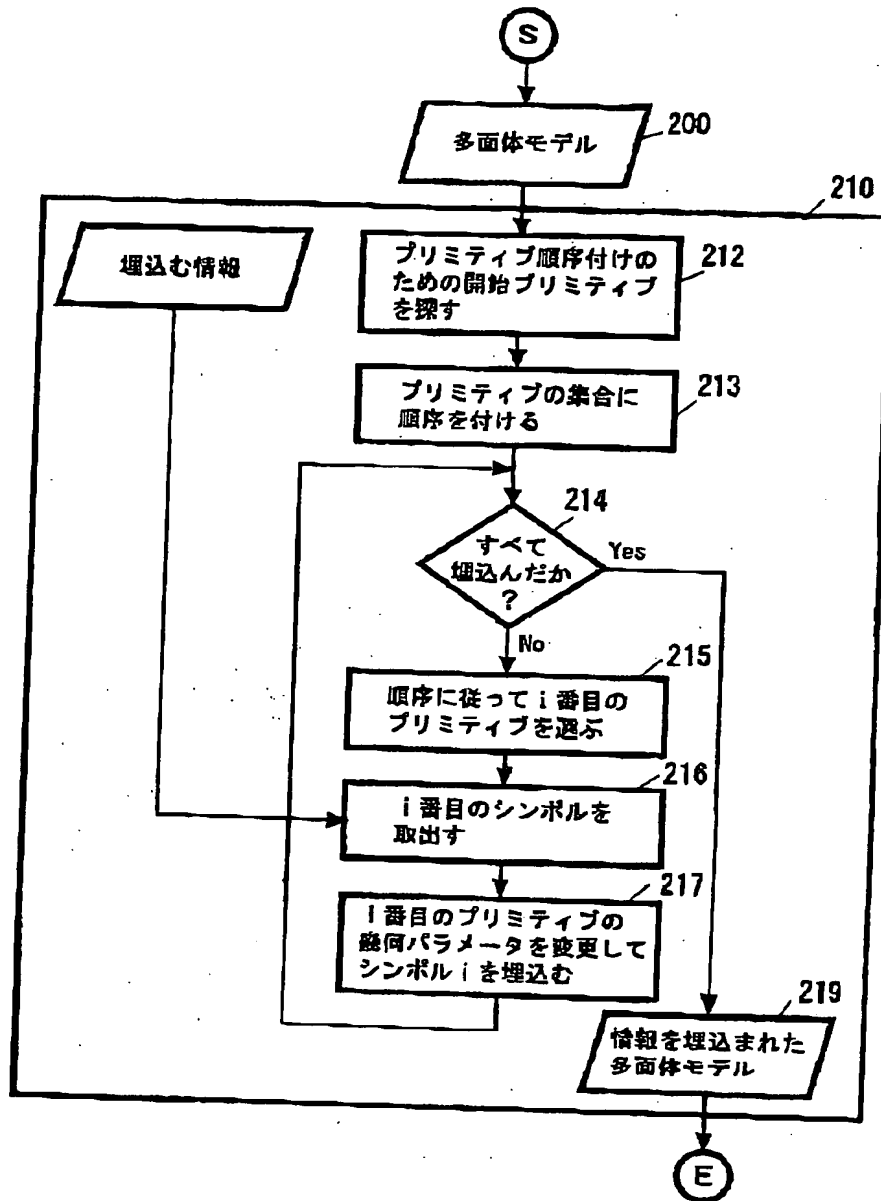
【図13】



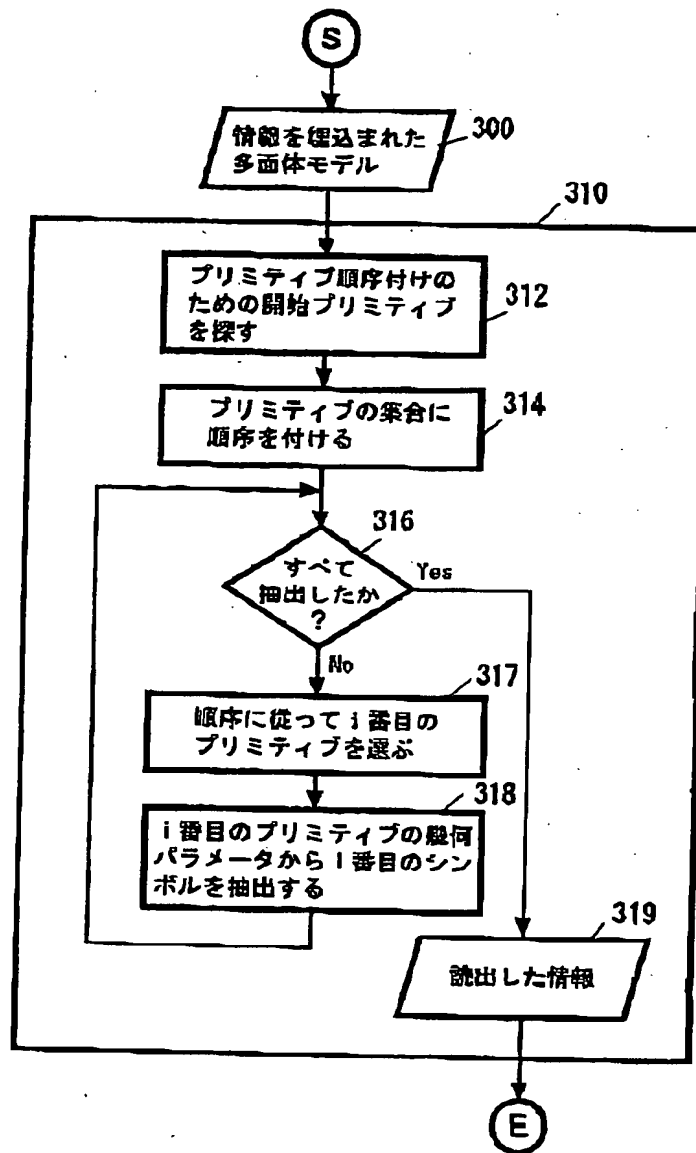
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>  
// G 0 6 F 12/14

識別記号  
310

F I